

REPUBLIQUE FRANÇAISE

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



PCT/FR99/03242

REC'D 14 JAN 2000

WIPO PCT

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 23 DEC. 1999

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS Cédex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04  
Télécopie : 01 42 93 59 30



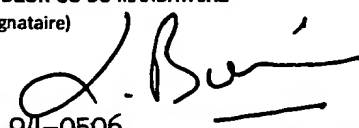
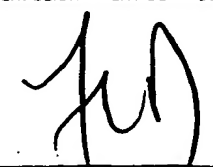
**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

Confirmation d'un dépôt par télécopie ☐

Cet imprimé est à remplir à l'encre noire en lettres capitales

Réservé à l'INPI

DATE DE REMISE DES PIÈCES <b>23 DEC. 1998</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL <b>98 16374</b> DÉPARTEMENT DE DÉPÔT <b>K</b> DATE DE DÉPÔT <b>23 DEC. 1998</b>		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE  Cabinet BALLOT-SCHMIT 16, Avenue du Pont Royal 94230 CACHAN FRANCE	
2 DEMANDE Nature du titre de propriété industrielle <input checked="" type="checkbox"/> brevet d'invention <input type="checkbox"/> demande divisionnaire <input type="checkbox"/> certificat d'utilité <input type="checkbox"/> transformation d'une demande de brevet européen <input type="checkbox"/> demande initiale <input type="checkbox"/> brevet d'invention <input type="checkbox"/> certificat d'utilité n°		LB/pl n° du pouvoir permanent références du correspondant téléphone 014342/FR 01 49 69 91 91	
Établissement du rapport de recherche <input type="checkbox"/> différé <input checked="" type="checkbox"/> immédiat Le demandeur, personne physique, requiert le paiement échelonné de la redevance <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non Titre de l'invention (200 caractères maximum)  Modèle et procédé d'implémentation d'un agent rationnel dialoguant, serveur et système multi-agent pour la mise en oeuvre.			
3 DEMANDEUR (S) n° SIREN Nom et prénoms (souligner le nom patronymique) ou dénomination  FRANCE TELECOM		code APE-NAF  Forme juridique  S.A. (Société Anonyme)	
Nationalité (s) Française Adresse (s) complète (s) Place d'Alleray 75015 PARIS		Pays  FRANCE	
4 INVENTEUR (S) Les inventeurs sont les demandeurs <input type="checkbox"/> oui <input checked="" type="checkbox"/> non Si la réponse est non, fournir une désignation séparée			
5 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES <input type="checkbox"/> requise pour la 1ère fois <input type="checkbox"/> requise antérieurement au dépôt : joindre copie de la décision d'admission			
6 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE pays d'origine numéro date de dépôt nature de la demande			
7 DIVISIONS antérieures à la présente demande n° date n° date			
8 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (nom et qualité du signataire)  BORIN Lydie Mandataire N° 94-0506 Cabinet BALLOT-SCHMIT		SIGNATURE DU PRÉPOSÉ À LA RÉCEPTION SIGNATURE APRÈS ENREGISTREMENT DE LA DEMANDE À L'INPI   	

DÉSIGNATION DE L'INVENTEUR

(si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

DEPARTEMENT DES BREVETS

26bis, rue de Saint-Petersbourg

75800 Paris Cédex 08

Tél. : 01 53 04 53 04 - Télécopie : 01 42 93 59 30

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

9816374

014342/FR

TITRE DE L'INVENTION :

Modèle et procédé d'implémentation d'un agent rationnel dialoguant,  
serveur et système multi-agent pour la mise en oeuvre.

LE(S) SOUSSIGNÉ(S)

BORIN Lydie

Cabinet BALLOT-SCHMIT

16, Avenue du Pont Royal

94230 CACHAN

FRANCE

DÉSIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) (indiquer nom, prénoms, adresse et souligner le nom patronymique) :

SADEK David

BRETIER Philippe

PANAGET Franck

domiciliés au :

Cabinet BALLOT-SCHMIT

16, Avenue du Pont Royal

94230 CACHAN

FRANCE

NOTA : A titre exceptionnel, le nom de l'inventeur peut être suivi de celui de la société à laquelle il appartient (société d'appartenance) lorsque celle-ci est différente de la société déposante ou titulaire.

Date et signature (s) du (des) demandeur (s) ou du mandataire

Fait à Cachan, le 23 décembre 1998

BORIN Lydie

Mandataire N° 94-0506

Cabinet BALLOT-SCHMIT



MODELE ET PROCEDE D'IMPLEMENTATION D'UN AGENT RATIONNEL  
DIALOGUANT, SERVEUR ET SYSTEME MULTI-AGENT POUR LA MISE  
EN OEUVRE.

L'invention concerne un modèle et un procédé d'implémentation d'un agent rationnel dialoguant comme noyau d'un système de dialogue ou d'un système multi-agent.

5 L'invention s'applique aux systèmes d'interaction humain-agent (dialogue homme-machine) mais également aux systèmes d'interaction agent-agent (communication et coopération inter-agent).

Elle s'applique à des serveurs d'information.

10 Bien que la conception de systèmes de dialogue homme-machine soit étudiée sérieusement depuis plus d'une trentaine d'année, peu de systèmes préfigurant un usage réel sont aujourd'hui disponibles.

15 La plupart des démonstrateurs qui ont été développés montrent au mieux la capacité d'un système à enchaîner quelques échanges simples avec un utilisateur dans une structure stéréotypée (moulée à celle d'une tâche particulière) et un cadre d'application restreint.

20 Ces systèmes se limitent généralement à illustrer telle ou telle caractéristique d'une interaction évoluée comme par exemple, la compréhension par la machine d'énoncés plus ou moins complexes (contextuels en langage naturel oral ou écrit éventuellement  
25 combinés à d'autres média de communication) ou dans certains cas assez limités à la production de réponses coopératives.

Ces systèmes sont encore assez loin de remplir toutes les conditions requises pour un usage naturel  
30 desdits systèmes comme des "partenaires" dialoguants

conviviaux même dans des cadres applicatifs bien banalisés.

Les raisons de cette situation sont de deux ordres. D'une part la conception de systèmes de dialogue est  
 5 une entreprise complexe car elle cumule les problèmes relatifs à la conception de systèmes artificiels intelligents et ceux relatifs à la modélisation et à la formalisation de la communication naturelle. Lorsque  
 10 l'on s'intéresse au dialogue oral, les problèmes liés à la reconnaissance automatique de la parole accroissent cette difficulté.

D'autre part, beaucoup de travaux ont abordé le dialogue comme un phénomène isolé dont il s'agissait d'identifier les manifestations externes afin de les  
 15 inculquer en tant que telles à un système automatique. Ces travaux ont (délibérément ou non) fait totalement (ou partiellement) l'économie du lien entre le problème du dialogue et celui de l'intelligence du système et donc d'une étude formelle approfondie des fondements  
 20 cognitifs du dialogue.

On va maintenant rappeler brièvement les approches classiques du dialogue qui ont été développées jusqu'à présent.

Il y a d'abord les approches structurelles qu'elles  
 25 soient à vocation informatique ou à vocation linguistique. Elles s'intéressent à la détermination a priori d'une structure de l'interaction qui rend compte des régularités des échanges dans un dialogue (dont les plus simples sont les paires adjacentes telles que les  
 30 questions-réponses, les suggestions-acceptations).

Ces approches font l'hypothèse que cette structure existe et qu'elle est représentable de façon finie et que tous les dialogues ou du moins une large part d'entre-eux peuvent y être circonscrits. Les approches

structurelles considèrent que la cohérence d'un dialogue est intrinsèque à sa structure et se concentre ainsi sur le co-texte (le texte qui accompagne) en faisant plus ou moins directement l'impasse sur le caractère profondément contextuel de la communication. Ces limitations sont sans appel pour ce qui est de l'intérêt des approches structurelles comme base pour des modèles de l'interaction intelligente.

On a également les approches différentielles classiques.

Ces approches dites aussi orientées plan considèrent une intervention en situation de communication non pas seulement comme une collection de signes (par exemple une séquence de mots) mais comme la réalisation observable d'actions communicatives (appelées aussi selon le contexte, actes de langage ou de dialogue) telles que informer, demander, confirmer, s'engager.

Ces approches ont laissé entrevoir un formidable potentiel pour l'étude de la communication et en particulier du dialogue coopératif. Toutefois, elles empruntent des raccourcis (qui les conduisent à faire appel à des compléments empiriques ou structurels qui les fragilisent) et à des représentations d'utilisation des connaissances qui hélas les conduisent souvent à des aberrations.

Le déposant a développé une nouvelle approche reposant sur l'interaction rationnelle ou agent rationnel dialoguant.

Dans cette nouvelle approche, le déposant a cherché d'abord à rendre maximale la convivialité des interactions entre des utilisateurs et des services automatiques.

On pourra se reporter aux publications suivantes faites sur le sujet:

5        *Sadek 91a:* Sadek M.D. Attitudes mentales et interaction rationnelle: vers une théorie formelle de la communication. Thèse de Doctorat Informatique, Université de Rennes I, France, 1991.

10       *Sadek 91b:* D. Sadek Dialogue acts are rational plans. Proceedings ESCA Tutorial and Research Workshop on the Structure of Multimodal Dialogue, Maratea, Italy, 1991.

*Sadek 92:* Sadek M.D. A study in the logic of intention. Proceedings of the 3rd Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR'92), pages 462-473, Cambridge, MA, 1992.

15       *Sadek 93:* Sadek M.D. Fondements du dialogue: l'interaction rationnelle. Actes de la 4ème école d'été sur les Traitements des langues naturelles, pages 229-255, Lannion, France, 1993.

20       *Sadek 94a:* Sadek M.D. Attitudes mentales et fondement du comportement coopératif. Pavard, B., editor, Systèmes coopératifs: de la modélisation à la conception, Octares Eds., pages 93-117, 1994.

25       *Sadek 94b:* Sadek M.D. Communication theory = rationality principles + communicative act models. Proceedings of the AAI'94 Workshop on Planning for Interagent Communication, Seattle, WA, 1994.

*Sadek 94c:* Sadek M.D. Towards a theory of belief reconstruction: application to communication. In (SPECOM94): 251-263.

30       *Sadek et al 94:* Sadek M.D., Ferrieux A., & Cozannet A. Towards an artificial agent as the kernel of a spoken dialogue system: A progress report. Proceedings of the AAI'94 Workshop on Integration of Natural Language and Speech Processing, Seattle, WA, 1994.

Sadek et al 95 : D. Sadek, P. Bretier, V. Cadoret, A. Cozannet, P. Dupont, A. Ferrieux, & F. Panaget : A cooperative spoken dialogue system based on a rational agent model : A first implementation on the AGS application. Proceedings of the ESCA Tutorial and Research Workshop on Spoken Dialogue Systems, Hanstholm, Danemark, 1995.

Sadek et al 96a : Sadek M.D., Ferrieux A., Cozannet A., Bretier P., Panaget F., & Simonin J. Effective human-computer cooperative spoken dialogue: The AGS demonstrator. In (ISSD 96) (and also Proceedings of ICSLP'96, Philadelphia, 1996).

Sadek et al 97 : M.D. Sadek, P. Bretier, & F. Panaget. ARTIMIS : Natural Dialogue Meets Rational Agency. Proceedings 15th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'97), Nagoya, Japon, pp 1030-1035, 1997.

Bretier 95 : P. Bretier. La communication orale coopérative : contribution à la modélisation logique et à la mise en oeuvre d'un agent rationnel dialoguant. Thèse de Doctorat Informatique, Université de Paris XIII, 1995.

Bretier et al 95 : P. Bretier, F. Panaget, & D. Sadek. Integrating linguistic capabilities into the formal model of a rational agent : Application to cooperative spoken dialogue. Proceedings of the AAAI'95 Fall Symposium on Rational Agency, Cambridge, MA, 1995.

Bretier & Sadek 95 : P. Bretier & D. Sadek. Designing and implementing a theory of rational interaction to be the kernel of a cooperative spoken dialogue system. Proceedings of the AAAI'95 Fall Symposium on Rational Agency, Cambridge, MA, 1995.

La convivialité de l'interaction se manifeste entre autres par la capacité du système à négocier avec

l'utilisateur, par sa capacité à interpréter des demandes en prenant en compte le contexte, par sa capacité à déterminer les intentions sous-entendues de l'utilisateur et à mener avec lui une interaction flexible qui ne suit pas un plan préconçu une fois pour toute.

Un tel système doit être capable également d'apporter à l'utilisateur des solutions qu'il n'avait pas explicitement demandées mais qui sont néanmoins pertinentes.

Il n'existe pas véritablement à l'heure actuelle de système de dialogue intelligent en service pour une application réelle du fait de la complexité de chacune de ces tâches et du fait de la difficulté à rassembler toutes ces caractéristiques afin que l'interaction puisse être qualifiée réellement de conviviale.

La technologie développée par le déposant repose sur le principe de base qui est que: pour qu'un système automatique puisse mener à bien des dialogues intelligents, ce système ne peut pas être simulé par un automate.

Plus précisément la convivialité du dialogue ne peut pas être conçue comme l'habillage extérieur d'un système préexistant : cette convivialité doit au contraire émerger naturellement de l'intelligence du système.

L'objet de la présente invention est la réalisation d'un agent logiciel qui de par sa construction est rationnel. L'adjonction de principes appropriés le rend également communicatif et coopératif.

En outre, la technologie développée par le déposant permet tout aussi bien l'implémentation d'un agent rationnel dialoguant comme noyau d'un système de dialogue que comme agent d'un système multi-agent.

Dans cette deuxième application (système multi-agent), la communication entre de tels agents ne se fait plus alors en utilisant la langue naturelle mais un langage formel (logique) adapté aux capacités d'interaction desdits agents.

L'invention a plus particulièrement pour objet un modèle et un procédé d'implémentation d'un agent rationnel dialoguant comme noyau d'un système de dialogue ou d'un système multi-agent comportant les étapes suivantes :

- définition d'une architecture conceptuelle d'un agent rationnel dialoguant,
- spécification formelle des différents composants de cette architecture et de leur combinaison permettant d'obtenir un modèle formel,
- définition de l'architecture logicielle implémentant l'architecture formelle,
- définition des mécanismes de mise en oeuvre des spécifications formelles, l'agent rationnel étant apte ainsi à dialoguer avec un autre agent ou avec un utilisateur du système à travers un quelconque média de communication (vocal, ou écrit : écran, clavier, souris etc).

Les différents composants du modèle formel sont dans le même cadre formel unifié (théorie logique) et avec le même formalisme. Le caractère générique des mécanismes et des principes donne au modèle une indépendance par rapport à l'application, aux média de communication et à la langue.

La définition des mécanismes de mise en oeuvre est réalisée de manière à obtenir une correspondance directe entre ces mécanismes et ledit modèle.

La spécification formelle des différents composants de l'architecture formelle et de leur combinaison comporte un niveau d'axiomes de rationalité, un niveau d'axiomes de communication, un niveau d'axiomes de coopération.

La définition de l'architecture logicielle implémentant l'architecture formelle comporte : une unité rationnelle comprenant une couche d'implémentation du niveau d'axiomes de rationalité, une couche d'implémentation du niveau d'axiomes de communication, une couche d'implémentation du niveau d'axiomes de coopération, correspondants respectivement aux axiomes du modèle formel.

La définition de l'architecture logicielle implémentant l'architecture formelle comporte en outre :

- un module de génération et un module de compréhension implémentant une couche de niveau langage naturel.

L'unité rationnelle, le module de génération et le module de compréhension implémentent des mécanismes de mise en oeuvre du modèle formel.

Le module de génération est apte à transcrire un énoncé logique produit par l'unité rationnelle en langage naturel pour l'utilisation du système.

Le module de compréhension est apte à interpréter un énoncé de l'utilisateur en un énoncé logique compréhensible de l'unité rationnelle.

L'invention a également pour objet un serveur d'information, comportant des moyens pour mettre en oeuvre un système de dialogue homme-machine dont le noyau repose sur le modèle et le procédé d'implémentation d'un agent rationnel dialoguant tels que définis précédemment.

L'invention concerne également un système multi-agent comportant des agents communicants, chaque agent comportant des moyens pour mettre en oeuvre une interaction, le système comprenant au moins un agent  
5 dont le noyau repose sur le modèle et le procédé d'implémentation d'un agent rationnel dialoguant tels que décrit précédemment.

D'autres particularités et avantages de l'invention  
10 apparaîtront clairement à la lecture de la description qui est faite ci-après à titre d'exemple non limitatif et en regard des figures sur lesquelles :

- la figure 1 représente l'architecture logicielle d'un agent rationnel dialoguant,
- 15 - la figure 2 représente l'architecture de l'unité rationnelle et de sa base de connaissance,,
- la figure 3 représente de manière plus détaillée l'architecture logicielle d'un agent dialoguant en tant que noyau d'un système de dialogue (notamment oral),
- 20 - la figure 4 représente une architecture montrant un agent rationnel dialoguant en tant que noyau d'un système multi-agent.

On rappelle que l'approche agent rationnel  
25 dialoguant qui a été faite par le déposant et qui a fait l'objet de publications est guidée par des principes de rationalité, de communication et de coopération formalisés dans une théorie de l'interaction rationnelle. On pourra se reporter à  
30 cette fin aux publications citée précédemment qui portent l'approche "agent rationnel dialoguant".

La définition de l'architecture conceptuelle d'un agent rationnel dialoguant est donnée en annexe de la description. Cette définition a fait l'objet d'une

publication dans "Conseil Scientifique de France  
Télécom, Mémento Technique n°8: Interfaces  
Intelligentes et Images" Octobre 1996, pp 37-61.

5 On peut se reporter pour la suite au schéma de la  
figure 1.

Selon l'invention, le déposant a mis en oeuvre ces  
principes au moyen d'une unité rationnelle 100 qui  
constitue le noyau de chaque agent et qui détermine ses  
réactions aux évènements externes, que ceux-ci soient  
10 des sollicitations (requêtes, réponses, confirmations  
etc) d'utilisateurs humains ou bien des sollicitations  
d'autres agents logiciels (c'est le cas lorsqu'un agent  
est le noyau d'un système multi-agent).

15 L'unité rationnelle 100 est animée par un moteur  
d'inférence qui automatise les raisonnements selon les  
principes de l'interaction rationnelle que le  
programmeur de l'agent peut adapter ou enrichir, de  
manière déclarative, en fonction de la tâche à  
accomplir.

20 A cette fin, comme cela va être précisé dans la  
suite, ces raisonnements sont guidés par des schémas  
d'axiomes prédéterminés (énumérés en annexes) et entrés  
dans l'unité par le programmeur de l'agent de manière  
déclarative en fonction de la tâche que doit remplir  
25 ledit agent.

La figure 1 illustre le schéma d'une architecture  
logicielle d'un agent dans le cas où une telle  
architecture est appliquée à la constitution d'un  
système de dialogue avec des utilisateurs.

30 La figure 1 représente donc l'architecture d'un  
agent en interaction avec un utilisateur, à travers  
comme on va le voir, un module de compréhension 150 et  
un module de génération 160. Cette architecture  
correspond à une première famille d'application

possible qui est l'interaction (conviviale) utilisateur-service.

5 Afin de permettre le dialogue avec des utilisateurs, l'unité rationnelle 100 est reliée à une interface vers l'extérieur 140.

Cette interface comprend donc le module de compréhension 150 qui reçoit des énoncés en langue naturelle et interprète ces énoncés en un énoncé logique qui sert d'entrée à l'unité rationnelle 100.

10 L'interface comprend également le module de génération 160 qui exprime la réaction de l'unité rationnelle 100 en un énoncé de langue naturelle à destination de l'utilisateur.

15 Dans ce cadre, l'unité rationnelle 100 est l'entité centrale du service à rendre que ce soit la fourniture de renseignements (horaires de trains, cours de la bourse, prévisions météo...) les réservations ou achats ou encore la recherche d'informations à partir du réseau Internet.

20 Les principes de coopération implantés dans l'unité rationnelle et les modules de traitement de la langue naturelle assurent une interaction conviviale avec l'utilisateur. Cette interaction peut s'effectuer directement par la parole en intégrant au système de dialogue ainsi formé des modules de reconnaissance et  
25 de synthèse de la parole (non représentés sur cette figure).

Cependant, l'unité rationnelle 100 peut toute seule constituer le noyau d'un agent logiciel autonome. Dans  
30 ce cadre, cette unité interagit avec d'autres agents logiciels par le biais d'un langage de communication entre agents tel que l'"Agent Communication Language" (A.C.L. adopté comme standard par le consortium FIPA).

Les services que l'agent peut rendre sont alors par exemple des transactions sur des marchés électroniques, des tâches d'administration de réseaux, des diffusions d'informations.

5        Ces deux formes d'interaction peuvent être combinées de manière qu'après l'interaction en langue naturelle avec un utilisateur, un agent remplisse une tâche quelconque par des interactions en langage ACL avec d'autres agents logiciels répartis sur les réseaux  
10        publics ou privés.

On va maintenant détailler les fonctionnalités de l'architecture logicielle de l'unité rationnelle 100, cette architecture détaillée été illustrée par le schéma de la figure 2.

15        Tout d'abord, l'unité rationnelle 100 implémente des principes issus de la théorie de l'interaction rationnelle dont l'objectif est de formaliser et d'automatiser le comportement rationnel d'un agent en situation d'interaction avec d'autres agents ou des  
20        utilisateurs de services.

Cette théorie s'appuie sur deux grandes notions : la notion de logique modale d'une part, dont l'objectif est de permettre de représenter des attitudes mentales d'agents autonomes et, la notion d'actes de langage  
25        d'autre part, dont l'objectif est de préciser les effets de communication sur les attitudes mentales des agents.

L'apport de la théorie de l'interaction rationnelle est de formaliser ces deux domaines et surtout  
30        l'interaction entre-eux.

L'état d'un agent à un moment donné dans un échange communiquant est ainsi caractérisé par un ensemble d'attitudes mentales.

Les attitudes mentales pouvant être représentées sont par exemple la croyance notée habituellement par l'opérateur K et l'intention notée par l'opérateur I.

5 Ces opérateurs sont indicés par l'agent dont il s'agit de représenter l'attitude mentale.

Dans un dialogue avec le système s et l'utilisateur u, Ks désigne l'opérateur de croyance pour le système et Ku ce même opérateur pour l'utilisateur.

10 Les actes de langage pouvant être modélisés sont entre autres des actes d'information et des demandes. La modélisation consiste en un énoncé logique ou langage logique, par exemple:

Ks Iu Fait ( $\langle s, \text{informe Si}(u, p) \rangle$ )

cet énoncé logique se traduit comme suit :

15 le système s sait (opérateur K) que l'utilisateur u a l'intention (opérateur I) que soit effectué un certain acte communicatif qui est que s informe u si une certaine proposition p est vraie ou fausse,

20 soit en plus court: "s sait que u veut que s l'informe de la véracité de p".

Le langage logique défini permet d'exprimer des principes de comportement généraux qui vont déterminer les réactions de l'unité rationnelle.

25 Un agent s sera coopératif s'il adopte les intentions de l'utilisateur u. Ceci peut s'exprimer ainsi :

Ks Iu  $\phi \rightarrow$  Is  $\phi$

30 De tels schémas d'axiomes d'une portée très générale sont déjà prédéfinis par la théorie de l'interaction et font partie de l'unité rationnelle d'un agent.

Cependant, le programmeur de l'unité rationnelle peut définir de nouveaux schémas plus spécialisés pour une application donnée.

L'ensemble des schémas guide le raisonnement de l'unité rationnelle 100 et donc ses réactions aux sollicitations de l'environnement.

5 Le calcul de ces réactions est effectué par le moteur d'inférence 101.

10 L'unité rationnelle 100 comporte donc un ensemble de données 102 qui comprend les axiomes du modèle formel de l'agent rationnel dialoguant. Ces données implémentent les couches de rationalité de communication et de coopération de l'agent.

15 Les sollicitations de l'environnement par exemple les demandes des utilisateurs, ou celles d'autres agents logiciels sont transmises à l'unité rationnelle 100 sous la forme d'un énoncé logique ACL de la théorie de l'interaction rationnelle.

20 Le moteur d'inférence 101 est apte à calculer les conséquences de cet énoncé et en particulier les réponses ou demandes de précisions éventuelles à fournir à l'interlocuteur (qu'il s'agisse d'un agent logiciel ou d'un utilisateur humain) mais aussi d'autres actions non communicatives.

25 Concrètement pour un énoncé donné, le moteur d'inférence 101 examine s'il ne dispose pas d'un principe de comportement qui puisse s'appliquer à cet énoncé pour en déduire la ou les conséquences logiques. Cette procédure est alors appliquée à ces nouvelles conséquences jusqu'à épuisement des possibilités.

30 Parmi toutes ces conséquences, le moteur d'inférence 101 isole les actions de communication ou autres qu'il doit effectuer et qui forment alors la réaction de l'agent rationnel.

La première étape de la procédure d'inférence est une mise sous forme normale des énoncés traités afin d'assurer que chaque énoncé ne se présente que sous une

seule forme syntaxique donnée pour pouvoir assurer le tri et la comparaison des énoncés.

Cette mise sous forme normale permet également d'assurer une première application des principes  
5 simples de raisonnement.

La procédure d'inférence consiste ensuite pour chaque énoncé traité à vérifier si cet énoncé correspond à l'un des schémas d'axiomes 102 qui codent les principes de comportement rationnels retenus.

10 Le mécanisme de cette vérification repose principalement sur l'opération d'unification du langage Prolog.

L'ensemble de ces schémas d'axiome peut être modifié par le programmeur de l'unité rationnelle 101  
15 qui peut retirer ou ajouter des schémas d'axiomes ou bien modifier ceux déjà existant pour affiner le comportement de l'unité rationnelle.

Ces modifications peuvent s'effectuer dynamiquement. Dans ce cas, l'unité rationnelle modifie  
20 son comportement au fur et à mesure.

L'ensemble de la procédure d'inférence est contrôlé de manière à ce que l'unité rationnelle n'entre pas dans des raisonnements infinis. La terminaison de cette procédure est ainsi assurée.

25 Le raisonnement de l'unité rationnelle prend appui sur un ensemble de données qui dépendent fortement de l'application recherchée pour l'agent rationnel.

Lorsque l'on souhaite qu'un agent fournisse des horaires de train, il faut que soit à sa disposition  
30 des données sur les gares et les connexions entre elles ainsi que les notions temporelles.

L'ensemble de ces données est structuré dans une base de connaissances 120 sous la forme d'un réseau sémantique .

Le réseau sémantique 120 permet d'exprimer des notions de classes et de sous-classes, et d'instance de chaque classe. Il définit également la notion de relation entre classes qui s'applique aux différentes instances des classes.

Par exemple, pour une application de type agenda, le réseau sémantique 120 comprendra au moins les classes "personne" (dont les instances seront l'ensemble des personnes connues dans l'agenda) et "fonction" (dont les instances seront les fonctions connues).

Ces deux classes sont en relation la-fonction-de. Pour indiquer que la personne Jean est Publicitaire, le réseau sémantique comprend le fait Prolog: la-fonction-de (Jean, Publicitaire).

Un accès au réseau sémantique 120 est réalisé à tout moment durant la procédure d'inférence lorsque les conséquences de l'inférence dépendent de la nature des données.

Dans l'application agenda, par exemple, si l'utilisateur demande quel est le métier de Jean, la réponse de l'agent rationnel va dépendre de son interrogation du réseau sémantique 120.

Le réseau sémantique 120 peut disposer également de notions de proximité sémantique qui sont partiellement utiles pour produire des réactions coopératives de l'agent rationnel.

Il s'agit de donner des distances relatives aux différentes instances du réseau sémantique, ces distances sont déterminées suivant l'application lors de la création du réseau sémantique.

Les instances du réseau sémantique 120 se trouvent ainsi projetées dans un espace métrique dont les dimensions sont les différentes relations du réseau.

Par exemple, la fonction publicitaire sera probablement déterminée comme sémantiquement plus proche de la fonction ingénieur marketing que de garagiste.

5        Cette construction permet d'effectuer deux opérations symétriques appelées relâchement (ou relaxation) et restriction de contraintes.

10       Le relâchement de contraintes vise à donner des réponses proches à des requêtes proches de la requête initiale quand la réponse à celle-ci n'existe pas .

15       Si par exemple on demande à l'agenda quels sont les ingénieurs marketing et qu'il n'en existe pas, la procédure d'inférence peut déclencher une étape de relaxation pour pouvoir donner les coordonnées des publicitaires.

20       La restriction, au contraire, vise à chercher comment préciser une demande trop large. S'il y a 500 publicitaires enregistrés dans l'agenda, une étape de restriction donnera la dimension la plus discriminante de ce trop gros ensemble (par exemple la société ou travaille le publicitaire) afin de pouvoir poser une question pertinente pour identifier la demande de l'utilisateur.

25       La figure 2 permet également d'illustrer que l'unité rationnelle 100 d'un agent rationnel comporte une partie générique indépendante de l'application et une partie dépendante de l'application.

30       On peut considérer que les entrées et sorties de l'unité rationnelle 100 sont des énoncés en ACL. La mise en forme sous forme normale de ces énoncés et la procédure d'inférence sont indépendantes de l'application ainsi qu'une majorité des schémas d'axiomes qui guide le comportement du système. Cependant certains d'entre eux sont adaptés ou créés

spécialement pour l'application de même que le réseau sémantique qui contient les données de l'application. Le réseau 120 doit, la plupart du temps, pouvoir répondre à des demandes de restriction et/ou de relaxation de la part du moteur d'inférence 101 comme on va le voir plus en détail dans la suite.

Ce réseau doit dans ce cas, disposer de notions de distance sémantique entre les instances comme cela a été dit.

Le schéma de la figure 3 illustre avec plus de détails l'architecture logicielle d'un agent selon l'invention.

Le module de compréhension de la langue naturelle 150 interprète un énoncé de l'utilisateur en un énoncé logique compréhensible par l'unité rationnelle 100.

Le vocabulaire traité par ce module dépend en partie du service que doit rendre l'agent rationnel. Cette partie dépendante de l'application est principalement présente dans le réseau sémantique 120 de l'unité rationnelle, ce qui explique que le module de compréhension 150 utilise de nombreuses données provenant du réseau sémantique 120.

Le module de compréhension 150 est apte à prendre en compte l'énoncé de l'utilisateur comme une suite de petites structures syntaxiques (le plus souvent des mots) qui vont chacune activer une (ou plusieurs en cas de synonymes) notion(s) issue(s) du réseau sémantique 120.

Le lien entre le vocabulaire d'entrée de l'utilisateur et le réseau sémantique 120 se fait donc au moyen d'une table d'activation des concepts 131 qui indique quelle(s) notion(s) sémantique correspond(ent) aux mots (ou suite de mots) du vocabulaire.

Ces notions activées dépendent en partie de l'application voulue, mais représentent aussi des concepts beaucoup plus généraux comme la négation, les intentions et connaissances de l'utilisateur, l'existence, les cardinalités etc...

Le module de compréhension dispose donc alors d'une liste de concepts activés (voire de plusieurs en cas de synonymes).

Il est apte à les transformer en un énoncé logique formé par un processus de complétion sémantique. Ce processus part de l'hypothèse de connexité sémantique de l'énoncé de l'utilisateur, c'est à dire que les concepts qu'il a évoqués sont en relation les uns avec les autres.

Le module 150 est apte à relier entre eux, par des relations présentes dans le réseau sémantique, y compris en créant si nécessaire de nouveaux concepts. Le processus détermine les notions sous entendues dans l'énoncé de l'utilisateur.

Il est possible d'indiquer que certaines relations sont incompatibles entre elles dans un énoncé de l'utilisateur. On contrôle ainsi les possibilités de recherche du processus de complétion.

La complétion sémantique fait appel à une fonction de pondération 132 qui permet de fixer un poids numérique pour chaque relation du réseau sémantique, représentant la vraisemblance des vocations de cette relation.

De cette manière, le processus de complétion prend en compte une notion de vraisemblance quand il doit déterminer quels sont les concepts sous-entendus par l'utilisateur. Ces poids permettent également d'associer un coût à chaque interprétation possible en cas de synonyme. Ainsi, un seul énoncé sera finalement

retenu par le module de compréhension, celui au coût le plus faible.

Pour faciliter la complétion sémantique, il est également possible de spécifier que certains couples concept-relation ou concept-concept sont implicites. Si  
 5 seul l'un des concepts a été évoqué et même si l'énoncé étudié est connexe, la relation correspondante sera rajoutée car elle est sous-entendue de manière quasi certaine.

10 Par exemple, dans une application donnant les cours de la bourse, l'énoncé "je voudrais le CAC 40" sera complété de manière implicite en "je voudrais le cours du CAC 40".

15 D'autre part, le module de compréhension 150 doit prendre en compte le contexte de l'énoncé de l'utilisateur.

Pour cela, il dispose des concepts précédemment évoqués à la fois par l'utilisateur et par l'agent lui-même dans ses réponses à l'utilisateur. Une partie de  
 20 ceux-ci peuvent donc être utilisés lors du processus de complétion.

Là encore, on indiquera pour toutes les relations du réseau sémantique, s'il est pertinent de les conserver dans le contexte.

25 Le module de compréhension 150 n'utilise pas d'analyseur syntaxique ou grammatical. Ceci lui permet d'interpréter correctement des énoncés syntaxiquement incorrects, ce qui est particulièrement important dans un contexte de dialogue oral (et d'utilisation de  
 30 reconnaissance vocale), la syntaxe du discours spontané étant plus lâche .

De plus, l'analyse étant faite par petits composants syntaxiques, il n'est pas nécessaire de construire une grammaire qui va essayer de prévoir à

l'avance l'ensemble des énoncés possibles des utilisateurs.

Enfin, la seule partie dépendant de la langue de l'utilisateur est la table reliant le vocabulaire  
5 utilisé aux concepts du réseau sémantique.

Les données sémantiques du réseau représentent en effet des notions universelles. Ce point facilite particulièrement le transfert d'une application d'un  
langue vers une autre langue.

10 Le module de génération 160 accomplit la tâche inverse du module de compréhension. Il est apte à transcrire une séquence d'actes communicatifs produite par l'unité rationnelle 100 en un énoncé de la langue naturelle de l'utilisateur.

15 Le processus de génération opère en deux phases.

La première phase consiste à prendre toutes les décisions quant au choix linguistique qui s'offre pour verbaliser la séquence d'actes communicatifs fournie en entrée du module.

20 Pour cela le générateur 160 utilise entre autre des éléments du contexte du dialogue pour construire l'énoncé le plus adapté à la situation courante.

Ainsi, dans une application agenda, le module 160 devra effectuer un choix entre des formulations  
25 équivalentes comme "le numéro de téléphone de Jean est le" ou "le numéro de Jean est le" ou "son numéro est le", "c'est le..." suivant le contexte du dialogue.

L'objectif de cette première phase est de construire une représentation intermédiaire de l'énoncé  
30 en utilisant une notion de ressources linguistiques abstraites 133. Une ressource linguistique abstraite représente soit une ressource lexicale 135, par exemple les noms communs, les verbes, les adjectifs,

soit une ressource grammaticale, c'est à dire la structure syntaxique.

La seconde phase utilise cette représentation abstraite pour construire l'énoncé définitif.

5 Il s'agit d'une étape de traitement qui ne requiert que l'application stricte des règles de grammaire. Parmi ces phénomènes on retrouve par exemple la détermination de l'ordre des constituants de l'énoncé, l'accord entre ces constituants et la déclinaison des  
10 verbes.

Les modules de compréhension 150 et de génération 160 utilisent comme format d'entrée, respectivement de sortie, des textes écrits.

Si l'on souhaite réaliser une interaction vocale  
15 avec un agent rationnel, il faut lui adjoindre des modules de reconnaissance et de synthèse de la parole. Le module de reconnaissance 170 inscrit un signal vocal de l'utilisateur en un texte correspondant à l'énoncé prononcé. Ce module 170 est par exemple indispensable  
20 quand un agent rationnel est utilisé comme serveur téléphonique : la seule interaction possible est alors vocale.

L'unité rationnelle y compris le réseau sémantique qui modélise les données que cette dernière manipule,  
25 forment ensemble le noyau d'un agent logiciel.

Tel quel, cet agent peut communiquer avec d'autres agents logiciels par exemple à travers le réseau.

Les primitives de communication ACL définies par la théorie de l'interaction rationnelle constituent un  
30 langage de communication entre agents qui leur permettent de réaliser des interaction non-ambigües.

Les agents formés par une unité rationnelle 100 et leur réseau sémantique 120 sans les composants d'interaction en langue naturelle (modules 140 et 150)

sont particulièrement bien adaptés à l'utilisation du langage de communication ACL entre agents logiciels pour former des systèmes multi-agent tels que représentés sur la figure 4.

5        L'invention a été mise en oeuvre avec une station SUN Ultra1 (muni d'un processeur 166 megahertz) et sur une station SUN Ultra2 ( possédant deux processeurs à 64 bits et une fréquence de 300 megahertz).

10        On utilise une mémoire vive dont la taille peut être aux environ de 32 megaoctets minimum. Le temps de réponse maximal du système est de 2 secondes sur la plate-forme Ultra2 et de 5 secondes sur Ultra1. On peut réaliser la connexion avec un réseau numérique au moyen d'une carte réseau numérique à intégration de service  
15        RNIS-Basic Rate Interface.

20        Les trois modules qui ont été décrits, de compréhension 150, de génération 160 et l'unité rationnelle 100 ont été implémentés en Prolog (Quintus version 3.3 pour Solaris 2.5). La communication entre les différents modules et les systèmes de  
25        reconnaissance et de synthèse de la parole est réalisé par un programme écrit en langage C, un prototype de l'invention a été développé sous Solaris, mais une version ne comprenant pas les modules de reconnaissance et de synthèse de la parole a été portée sous WINDOWS NT 4.0.

## ANNEXE

## ELEMENTS DU CADRE DE FORMALISATION LOGIQUE:

## 5 SPECIFICATIONS FORMELLES

Les concepts d'attitudes mentales (croyance, incertitude, intention) et d'action que l'on manipule ici sont formalisés dans le cadre d'une logique modale du premier ordre (cf. la publication: Sadek 91a, 92, 10 pour les détails de cette logique). On introduit brièvement les aspects du formalisme, dont on se sert dans l'exposé qui suit. Dans la suite, les symboles  $\neg$ ,  $\wedge$ ,  $\vee$  et  $\Rightarrow$  représentent les connecteurs logiques classiques de négation, conjonction, disjonction et 15 implication, et  $\forall$  et  $\exists$ , les quantificateur universel et existentiel ;  $p$  représente une formule close (dénnotant une proposition),  $\phi$ ,  $\psi$  et  $\delta$ , des schémas de formules, et  $i$  et  $j$  (parfois  $h$ ) des variables schématiques dénotant des agents. On note  $\models \phi$  le fait que la formule  $\phi$  est 20 valide.

Les attitudes mentales considérées comme sémantiquement primitives, à savoir la croyance, l'incertitude et le choix (ou la préférence) sont formalisées respectivement par les opérateur modaux  $K$ , 25  $U$ , et  $C$ . Des formules telles que  $K(i,p)$ ,  $U(i,p)$ , et  $C(i,p)$  peuvent être lues respectivement "i croit (ou pense que)  $p$  (est vraie)", "i est incertain de (la vérité de)  $p$ " et "i désire que  $p$  soit actuellement vraie". Le modèle logique adopté pour l'opérateur  $K$  30 rend compte des propriétés intéressantes pour un agent rationnel, telles que la consistance de ses croyances ou sa capacité d'introspection, formellement caractérisées par la validité de schémas logiques tels que

$$\begin{aligned}
&K(i, \phi) \Rightarrow \neg K(i, \neg \phi), \\
&K(i, \phi) \Rightarrow K(i, K(i, \phi)) \text{ et} \\
&\neg K(i, \phi) \Rightarrow K(i, \neg K(i, \phi)).
\end{aligned}$$

5 Pour ce qui est de l'incertitude, le modèle logique  
garantit également la validité de propriétés  
souhaitables comme, par exemple, le fait qu'un agent ne  
peut être incertain de ses propres attitudes mentales  
( $\models \neg U(i, M(i, \phi))$ ,  $M$  appartenant à  $(K, \neg K, C, \neg C, U, \neg U$   
etc)). Le modèle logique pour le choix entraîne des  
10 propriétés telles que le fait qu'un agent "assume" les  
conséquences logiques de ses choix

$$(\models C(i, \phi) \wedge K(i, \Rightarrow \psi) \Rightarrow C(i, \psi)),$$

ou qu'un agent ne peut pas ne pas choisir les cours  
d'événements dans lesquels il pense s'y trouver déjà

15  $(\models K(i, \phi) \Rightarrow C(i, \phi)).$

L'attitude d'intention qui elle n'est pas  
sémantiquement primitive, est formalisée par  
l'opérateur  $I$  qui est défini (de façon complexe) à  
partir des opérateurs  $C$  et  $K$ . Une formule telle que  
20  $I(i, p)$  peut être lue " $i$  à l'intention de réaliser  $p$ ".  
La définition de l'intention impose à un agent de ne  
chercher à atteindre que ce qu'il pense non déjà  
atteint ( $\models I(i, \phi) \Rightarrow K(i, \phi)$ ), et garantit le fait qu'un  
agent n'a pas l'intention de réaliser les effets de  
25 bord de ses intentions (ainsi "avoir l'intention de se  
connecter sur un réseau et savoir que cela peut  
contribuer à l'encombrer, n'implique pas  
(nécessairement !) avoir l'intention de contribuer à  
encombrer le réseau").

30 Afin de permettre le raisonnement sur l'action, on  
inclut, en plus des objets individuels et des agents,  
des séquences d'événements. Le langage contient des  
termes (en particulier variables  $e, e_1, \dots$ ) qui  
parcourent l'ensemble de ces séquences. Une séquence

peut être formée d'un seul événement (qui peut être l'événement vide). Afin de pouvoir parler de plans complexes, les événements (ou séquences  $\alpha_1 : \alpha_2$ , ou des choix non déterministes  $\alpha_1 | \alpha_2$ . Les variables schématiques  $\alpha, \alpha_1 \alpha_2 \dots$ , sont utilisées pour dénoter des expressions d'action. Sont introduits également les opérateurs *Faisable*, *Fait* et *Agent*( $i, \alpha$ ) tels que les formules *Faisable*( $\alpha p$ ), *Fait*( $\alpha p$ ) et *Agent*( $i, \alpha$ ) signifient respectivement que (l'action ou l'expression d'action)  $\alpha$  peut avoir lieu après quoi  $p$  sera vraie,  $\alpha$  vient juste d'avoir lieu avant quoi  $p$  était vraie, et  $i$  dénote l'unique agent des événements apparaissant dans  $\alpha$ .

Une propriété fondamentale de la logique proposée est que les agents modélisés sont en parfait accord avec eux-mêmes sur leurs propres attitudes mentales. Formellement, le schéma  $\phi \Leftrightarrow K(i, \phi)$ , où  $\phi$  est gouvernée par un opérateur modal formalisant une attitude mentale de l'agent  $i$ , est valide (Sadek 91a, 92).

Les abréviations suivantes sont utilisées, *Vrai* étant la constante promotionnelle toujours vraie:

	$Faisable(a) \equiv Faisable(a, Vrai)$
	$Fait(a) \equiv Fait(a, Vrai)$
25	$Possible(\phi) \equiv (\exists e) Feasible(e, \phi)$
	$Kiff(i, \phi) \equiv K(i, \phi) \vee K(i, \neg \phi)$
	$Kref(i, \iota \delta(x)) \equiv (\exists y) K(i, \iota \delta(x) = y) : \text{l'agent } i \text{ connaît le (ou l'objet qui est un) } \delta, \text{ où } \iota \text{ est l'opérateur de description définie (producteur de termes) tel que :}^*$
30	$\phi(\iota \delta(x)) \equiv \exists y \phi(y) \wedge \delta(y) \wedge \forall z (\delta(z) \Rightarrow z=y)$
	$Uref(i, \iota \delta(x)) \equiv (\exists y) U(i, \iota \delta(x) = y)$

## PRINCIPES DE RATIONALITE ET MODELE D'ACTION

Deux principes de rationalité établissent le lien entre les intentions d'un agent et ses plans et actions (Sadek 91a, 94b). Le premier principe stipule qu'un agent ne peut avoir l'intention de réaliser une proposition donnée sans avoir par là-même l'intention que soit faite l'une des actions qu'il pense qu'elle a pour effet la proposition en question, et pour laquelle il n'a pas d'objection particulière à ce qu'elle soit faite. Formellement, ceci s'exprime par la validité du schéma suivant :

$$I(i,p) \Rightarrow I(\text{Fait}(a_1) \dots | a_n))$$

où les  $a_k$  sont toutes les actions telles que :

- $p$  est l'effet rationnel de  $a_k$  (i.e., la raison pour laquelle  $a_k$  est planifié) ;
- l'agent  $i$  connaît l'action  $a_k$  :  $Kref(i, a_k)$
- $\neg C(i, \neg \text{Possible}(\text{Fait}(a_k)))$

Le second principe stipule qu'un agent qui a l'intention que soit faite une action donnée, adopte nécessairement l'intention que cette action soit faisable, s'il ne pense pas qu'elle l'est déjà : ce qui s'exprime formellement par la validité du schéma suivant :

$$I(i, \text{Fait}(a_k)) \Rightarrow K(i, \text{Faisable}(a_k) \vee I(i, K(i, \text{Faisable}(a_k))))$$

La solution au problème de l'effet d'une action est directement liée à l'expression même des principes de rationalité. On considère que si l'on ne peut prédire les effets réels d'une action, on peut cependant dire (de façon valide) ce qu'on attend de l'action, autrement dit, la raison pour laquelle on la sélectionne. C'est en fait ce qui est exprimé par le premier principe de rationalité ci-dessus. Cette sémantique de l'effet d'une action, dans le cadre d'un

modèle du comportement rationnel, permet de dépasser le problème de la non-prédictibilité des effets.

A titre d'exemple, voici un modèle simplifié (pour ce qui est de l'expression des pré-conditions) de l'acte communicatif d'informer de la vérité d'une proposition:

$\langle i, \text{Inform}(j, \phi) \rangle$

Précondition :  $K(i, \phi) \wedge \neg K(i, K(j, \phi))$

Effet :  $K(j, \phi)$

10

Ce modèle est directement axiomatisé au sein de la théorie logique à travers les principes de rationalité ci-dessus, et du schéma suivant (les actions ne sont donc pas manipulées par un processus de planification comme des structures de données, tel que cela est fait dans le cadre de l'approche orientée-plan classique, mais ont une sémantique logique au sein de la théorie elle-même):

15

20

$K(h, \text{Faisable}(\langle i, \text{Inform}(j, \phi) \rangle)) \Leftrightarrow K(i, \phi) \wedge \neg K(i, K(j, \phi))$

25

Notons que les deux principes ci-dessus spécifient à eux seuls (sans artifice extra-logique) un algorithme de planification, qui produit déductivement des plans d'action par inférence de chaînes causales d'intentions.

#### FORMALISATION DE QUELQUES PRINCIPES DU COMPORTEMENT COOPERATIF

30

On peut voir (Sadek 91a, 94a) pour une proposition détaillée d'un modèle du comportement coopératif au sein d'une théorie formelle de l'interaction rationnelle.

# L'ADOPTION D'INTENTION OU LE PRINCIPE MINIMAL DE COOPERATION

A priori, rien sur le plan strictement rationnel ne contraint un agent à être (un tant soit peu) coopératif et, en particulier, à réagir aux sollicitations d'autrui (comme par exemple, répondre aux questions qui lui sont posées). Cette condition limite, que nous appelons *principe minimal de coopération*, est un cas particulier de la propriété suivante d'adoption d'intention: si un agent  $i$  pense qu'un agent  $j$  a l'intention de réaliser une propriété  $p$ , et que lui-même n'a pas l'intention contraire, alors  $i$  va adopter l'intention que  $j$  sache (un jour) que  $p$  est réalisée. Cette propriété se traduit formellement par la validité du schéma de formule suivant:

$$(K(i, I(j, p)) \wedge \neg I(i, \neg p)) \Rightarrow I(i, K(j, p))$$

Conjointement, les deux propriétés précédentes garantissent qu'un agent va agir sincèrement, et donc coopérer. Par ailleurs, il est important de souligner qu'elles expriment beaucoup plus qu'un principe de coopération minimale. En fait, elles expriment un principe de coopération "tout-court". Elles traduisent le fait que dès lors qu'un agent est au courant des objectifs d'un autre agent, alors il va l'aider à les atteindre, tant que cela ne contredit pas ses propres objectifs.

## LA PERTINENCE

La plupart des types remarquables de réponses coopératives se manifestent par la communication d'un supplément d'information par rapport à ce qui a été explicitement demandé. Cependant, la quantité

d'information additionnelle dépend fortement de l'intérêt présumé du demandeur pour cette information, et en particulier, de ses intentions reconnues. La notion d'intérêt est très contextuelle et reste assez  
 5 délicate à établir dans le cas général. A l'inverse, il est des informations qui, de toute évidence, ne sont pas pertinentes pour l'interlocuteur: celles par exemple, (supposées) déjà connues de lui. Autrement dit, éviter la redondance est une composante du  
 10 comportement coopératif, ce qui peut s'exprimer comme suit, en termes de propriété élémentaire (qui, en réalité, n'est pas primitive mais dérive directement de la définition même du concept d'intention): si un agent  $i$  a l'intention de faire savoir à un agent  $j$  une  
 15 proposition  $p$ , alors  $i$  doit penser que  $j$  ne la sait pas déjà. Ceci se traduit formellement par la validité du schéma suivant:

$$I(i, K(j, p)) \Rightarrow K(i, \neg K(j, p))$$

20

#### L'AJUSTEMENT DE CROYANCES

Une réponse corrective est engendrée avec l'intention de corriger une croyance de l'interlocuteur, jugée erronée. Cette croyance  
 25 constitue généralement un présupposé inféré (par implicature (Grice 75)) à partir de l'acte communicatif reconnu. L'intention en question est générée chez un agent à chaque fois que sa croyance au sujet d'une proposition dont  $i$  ne croit pas son interlocuteur  
 30 compétent, se trouve en contradiction avec celle de son interlocuteur. Ceci se traduit formellement par la validité du schéma suivant:

$$K(i, (p \wedge K(j, \neg p))) \Rightarrow I(i, K(j, p))$$

## REAGIR AUX SOLLICITATIONS

Dans un système communicant, un agent ne peut se résoudre à la non-reconnaissance par un phénomène qu'il a observé.

5 Pour rendre compte de ce caractère, on formule la double propriété suivante: le premier volet de cette propriété stipule qu'à l'issue d'un phénomène qu'un agent perçoit et auquel, soit il ne peut associer d'événement intelligible, soit tout événement qu'il  
10 peut lui associer est inacceptable au vu de ses croyances, l'agent va adopter l'intention de savoir ce qui a été réalisé, typiquement en générant une demande de répétition. Le second volet de cette propriété, qui est moins général que le premier, concerne seulement le  
15 cas où l'agent ne peut conformément à son état mental, accepter aucun événement réalisable par ce qu'il a observé ; dans ce cas, l'agent va adopter l'intention de faire savoir à l'auteur de l'événement sa désapprobation vis-à-vis de ce qu'il a "compris", ce  
20 qui, en termes d'énoncés linguistiques, peut se manifester, par exemple par l'énonciation de ce qui interdit à l'agent d'admettre l'acte en question.

Formellement, les deux volets de cette propriété s'expriment par la validité des deux schémas suivants,  
25 les prédicats *Observe*(i,o) et *Réalise*(o,e) signifiant respectivement que l'agent i vient juste d'observer l'entité observable o (tel un énoncé, par exemple), et que l'entité observable o est une façon de réaliser l'événement e:

30

$$(i) (\exists e) \text{ Fait}(e) \wedge \neg \text{Kref}(i, \text{Fait}(e_1)) \Rightarrow I(i, \text{Kref}(i, \text{Fait}(e_2)))$$

$$(ii) (\forall o) (\forall e) [\text{Observe}(i, o) \text{ et } \text{Réalise}(o, e) \wedge \text{Agent}(j, e) \text{ et } \neg \text{Kref}(i, \text{Fait}(e_1)) \Rightarrow I(i, \text{K}(j, \neg \text{K}(i, \text{Fait}(e))))]$$

## L'HARMONIE AVEC AUTRUI

le comportement d'un agent en univers multi-agent coopératif doit apparaître, dans ses composantes principales, comme une généralisation de son  
 5 comportement vis-à-vis de lui-même. (Par exemple, il doit être valide qu'un agent est sincère, cohérent et "coopératif" avec lui-même). Aussi un agent ne doit pas faire en sorte de faire perdre de l'information aux autres agents. En particulier, il ne doit pas  
 10 rechercher l'incertitude pour autrui comme une finalité en soi, sauf, éventuellement, s'il pense que c'est la "bonne" attitude à adopter vis-à-vis d'une proposition donnée: cela suppose que lui-même adopte déjà cette attitude. Pour rendre compte de ce comportement, on  
 15 propose la propriété suivante:

$$(i) \ C(i, Possible(U(j, \phi))) \Rightarrow \Gamma_1$$

où  $\Gamma_1$  peut, par exemple, rendre compte du fait que le choix pour un autre agent d'un futur où il est  
 20 incertain d'une proposition, impose ce futur seulement comme une étape transitoire vers une situation de connaissance. Formellement  $\Gamma_1$  peut être:

$$C(i, (\forall e) (Faisable(e, U(j, p)) \Rightarrow (\exists e') Faisable(e; e', Kif(j, p))) \vee U(i, p)$$

25

Une propriété similaire peut être posée à propos de la recherche de l'ignorance pour autrui. Par exemple, un agent  $i$  qui désire qu'un agent  $j$  ne croie plus (resp. ne soit plus incertain d') une proposition  $p$   
 30 donnée, doit lui-même ne pas croire (resp. ne pas être incertain de)  $p$  et désirer que  $j$  adopte la même attitude qui lui vis-à-vis de  $p$ . On propose alors la propriété suivante:

$$(i) C(i, Possible(\neg K(j, \phi))) \Rightarrow \Gamma_2$$

$$(ii) C(i, Possible(\neg U(j, \phi))) \Rightarrow \Gamma_3$$

5 où les conditions  $\Gamma_2$  et  $\Gamma_3$  auront une forme similaire  
 aux conditions  $\Gamma_1$  (les schémas proposés (i), (ii) et  
 (iii) restant valides si l'opérateur de choix  $C$  est  
 remplacé par l'opérateur d'intention  $I$ ). Nous laissons  
 ces conditions volontairement incomplètement  
 10 spécifiées, car leur expression précise dépend de la  
 façon dont on veut que l'agent modélisé se comporte.  
 Elles peuvent, par exemple, tout simplement être  
 réduites à la constante propositionnelle *Faux*. Quoi  
 qu'il en soit, elles n'ont pas d'incidence sur le reste  
 15 de la théorie.

Selon ce que l'on choisit de mettre dans les  
 conditions  $\Gamma_k$ , on peut valider des schémas tels que

$$\neg I(i, \neg Kif(j, \phi)), \neg I(i, \neg Kref(j, \lambda \phi(x))), I(i, \neg Uif(j, \phi)) \Rightarrow I(i, Kif(j, \phi)),$$

$$20 \quad \text{ou } I(i, \neg Uref(j, \phi(x))) \Rightarrow I(i, Kref(j, \lambda \phi(x))).$$

#### L'ACCES LOGIQUE AUX "BOITES NOIRES" DE GESTION DES CONTRAINTES DU DOMAINE

25 Les fonctions "boîtes noires" de gestion des  
 contraintes du domaine: relâchement, restriction, sur-  
 information, sont directement "accessibles" à partir du  
 cadre logique formalisant le comportement de l'agent  
 rationnel (voir (Bretier 95)). A titre illustratif,  
 l'"accès" à la procédure de sur-information se fait à  
 30 travers le schéma suivant, où SURINF est une méta-  
 prédicat:

$$K(i, (I(i, K(j, p))) \wedge SURINF(p, q)) \Rightarrow I(i, K(j, q))$$

5 Ce schéma exprime la propriété suivante: si un agent  $i$  a l'intention qu'un agent  $j$  croie une proposition  $p$  et que  $i$  pense (par sa fonction de sur-information) que la proposition  $q$  peut être une sur-information pertinente de  $p$ , alors  $i$  va adopter l'intention que  $j$  vienne à croire également la proposition  $q$ .

## REVENDEICATIONS

1. Modèle et procédé d'implémentation d'un agent rationnel dialoguant comme noyau d'un système de dialogue et/ou comme élément (agent) d'un système multi-agent comportant les étapes suivantes :

- 5       - définition d'une architecture conceptuelle d'un agent rationnel dialoguant,
- spécification formelle des différents composants de cette architecture et de leur combinaison permettant d'obtenir un modèle formel,
- 10       - définition de l'architecture logicielle implémentant l'architecture formelle,
- définition des mécanismes de mise en oeuvre des spécifications formelles, l'agent rationnel étant apte ainsi à dialoguer avec un autre agent ou avec un
- 15   utilisateur du système à travers un quelconque média de communication.

2. Modèle et procédé d'implémentation selon la revendication 1, caractérisé en ce que les différents

20   composants du modèle formel dans le même cadre formel unifié et avec le même formalisme.

3. Modèle et procédé d'implémentation selon la revendication 1, caractérisé en ce que la définition

25   des mécanismes de mise en oeuvre est réalisée de manière à obtenir une correspondance directe entre ces mécanismes et ledit modèle.

4. Modèle et procédé d'implémentation selon la revendication 1, caractérisé en ce que la spécification

30   formelle des différents composants de l'architecture formelle et de leur combinaison comporte un niveau

d'axiomes de rationalité, un niveau d'axiomes de communication, un niveau d'axiomes de coopération.

5            5. Modèle et procédé d'implémentation selon les  
 revendications 1 et 4, caractérisé en ce que la  
 définition de l'architecture logicielle implémentant  
 l'architecture formelle comporte : une unité  
 rationnelle comprenant une couche d'implémentation du  
 10            niveau d'axiomes de rationalité, une couche  
 d'implémentation du niveau d'axiomes de communication,  
 une couche d'implémentation du niveau d'axiomes de  
 coopération, correspondants respectivement aux axiomes  
 du modèle formel.

15            6. Modèle et procédé d'implémentation selon les  
 revendications 1 et 4, caractérisé en ce que la  
 définition de l'architecture logicielle implémentant  
 l'architecture formelle comporte en outre :  
 - un module de génération et un module de  
 20            compréhension implémentant une couche de niveau  
 communication en langage naturel.

25            7. Modèle et procédé d'implémentation selon les  
 revendications 5 et 6, caractérisé en ce que l'unité  
 rationnelle, le module de génération et le module de  
 compréhension implémentent des mécanismes de mise en  
 oeuvre du modèle formel.

30            8. Modèle et procédé d'implémentation selon les  
 revendications 5 et 7, caractérisé en ce que le module  
 de génération est apte à transcrire un énoncé logique  
 produit par l'unité rationnelle en langage naturel pour  
 l'utilisation du système en contexte de dialogue.

9. Modèle et procédé d'implémentation selon les revendications 5 et 7, caractérisé en ce que le module de compréhension est apte à interpréter un énoncé de l'utilisateur en un énoncé logique compréhensible de l'unité rationnelle.

10. Serveur d'information, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour mettre en oeuvre un système de dialogue homme-machine dont le noyau repose sur le modèle et procédé d'implémentation d'un agent rationnel dialoguant selon l'une quelconque des revendications précédentes.

11. Système multi-agent comportant des agents communicants, chaque agent comportant des moyens pour mettre en oeuvre une interaction, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un agent dont le noyau repose sur le modèle et procédé d'implémentation d'un agent rationnel dialoguant selon l'une quelconque des revendications précédentes.

FIG. 1

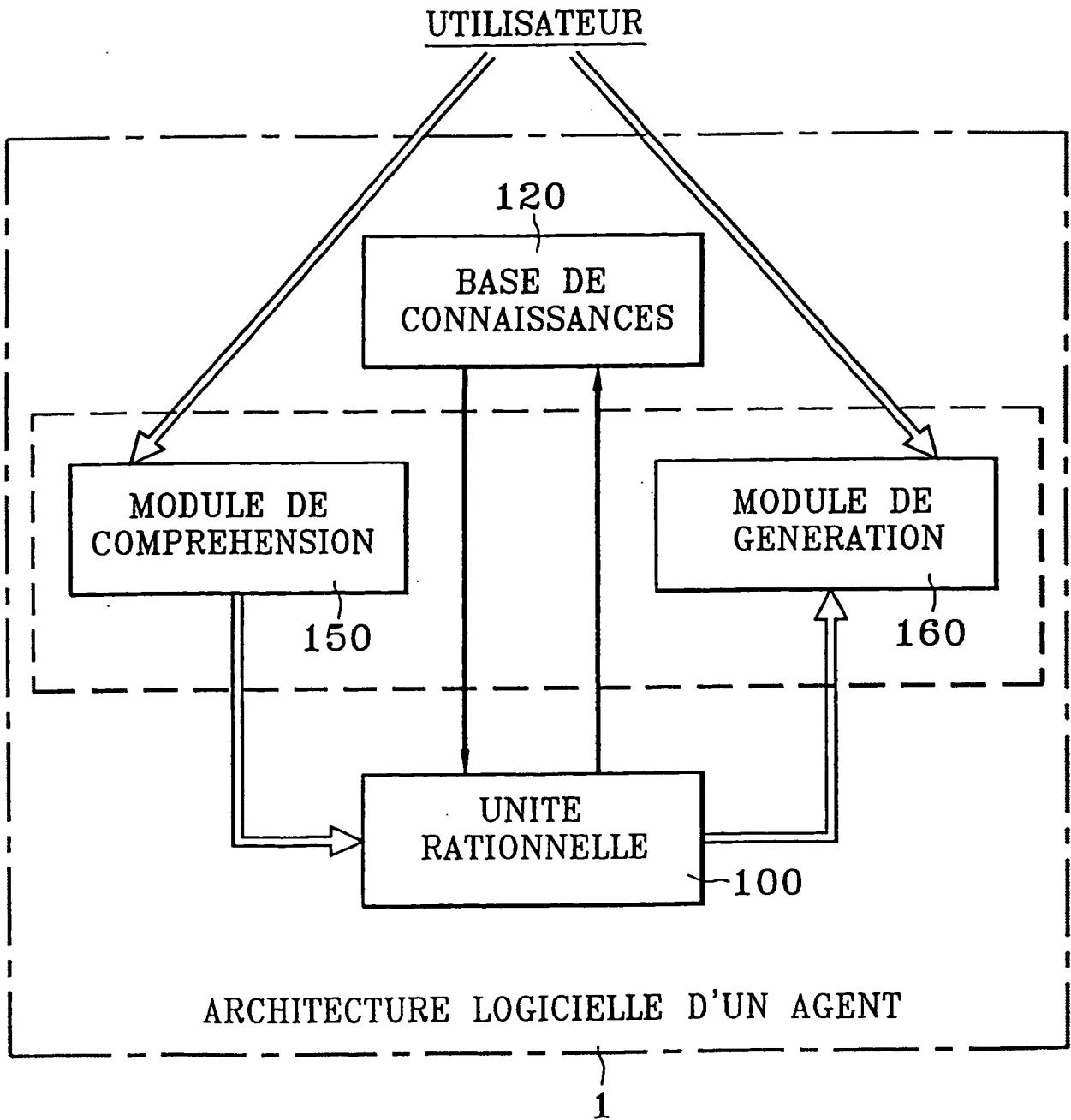


FIG. 2

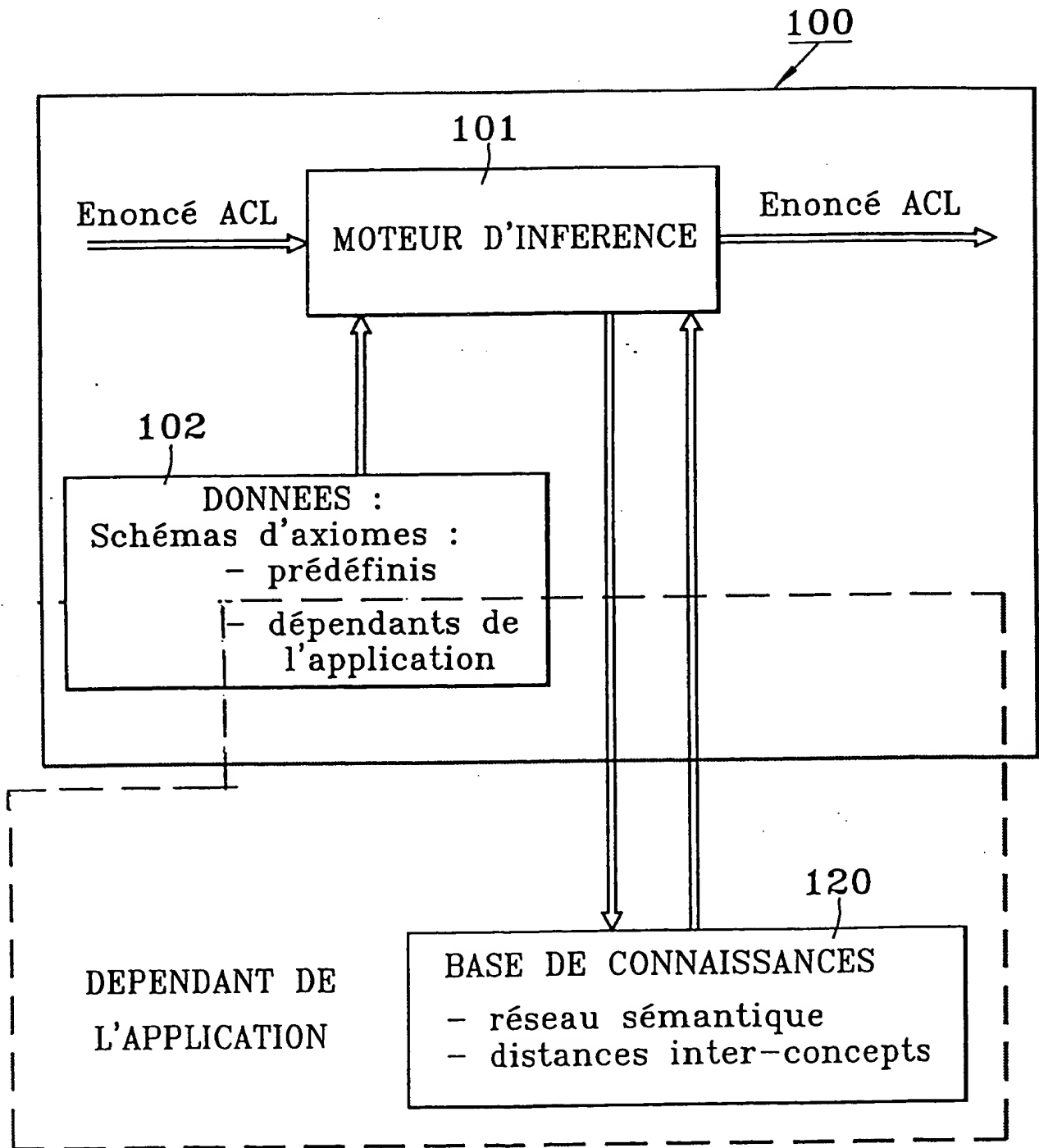


FIG. 3

3/4

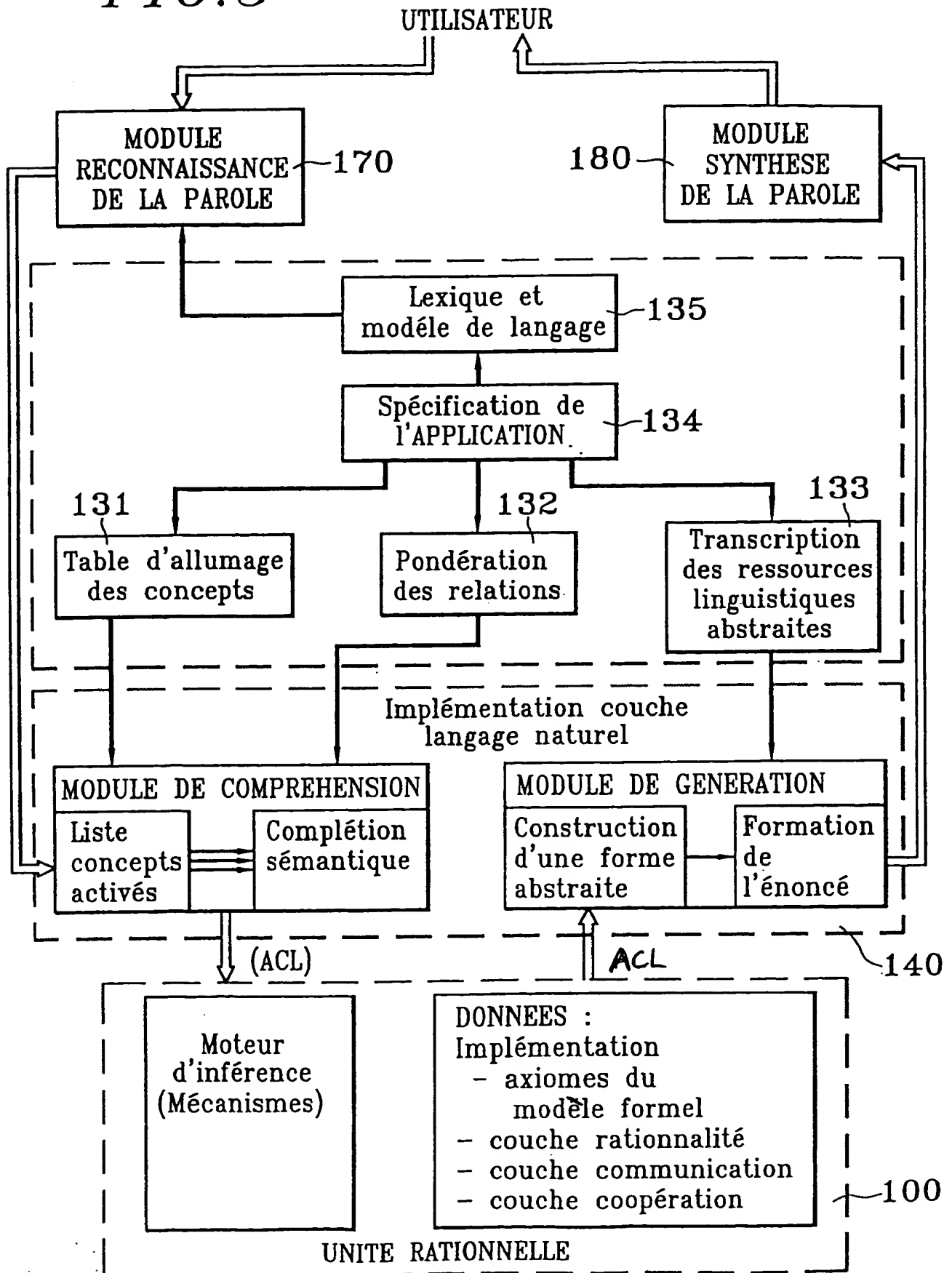
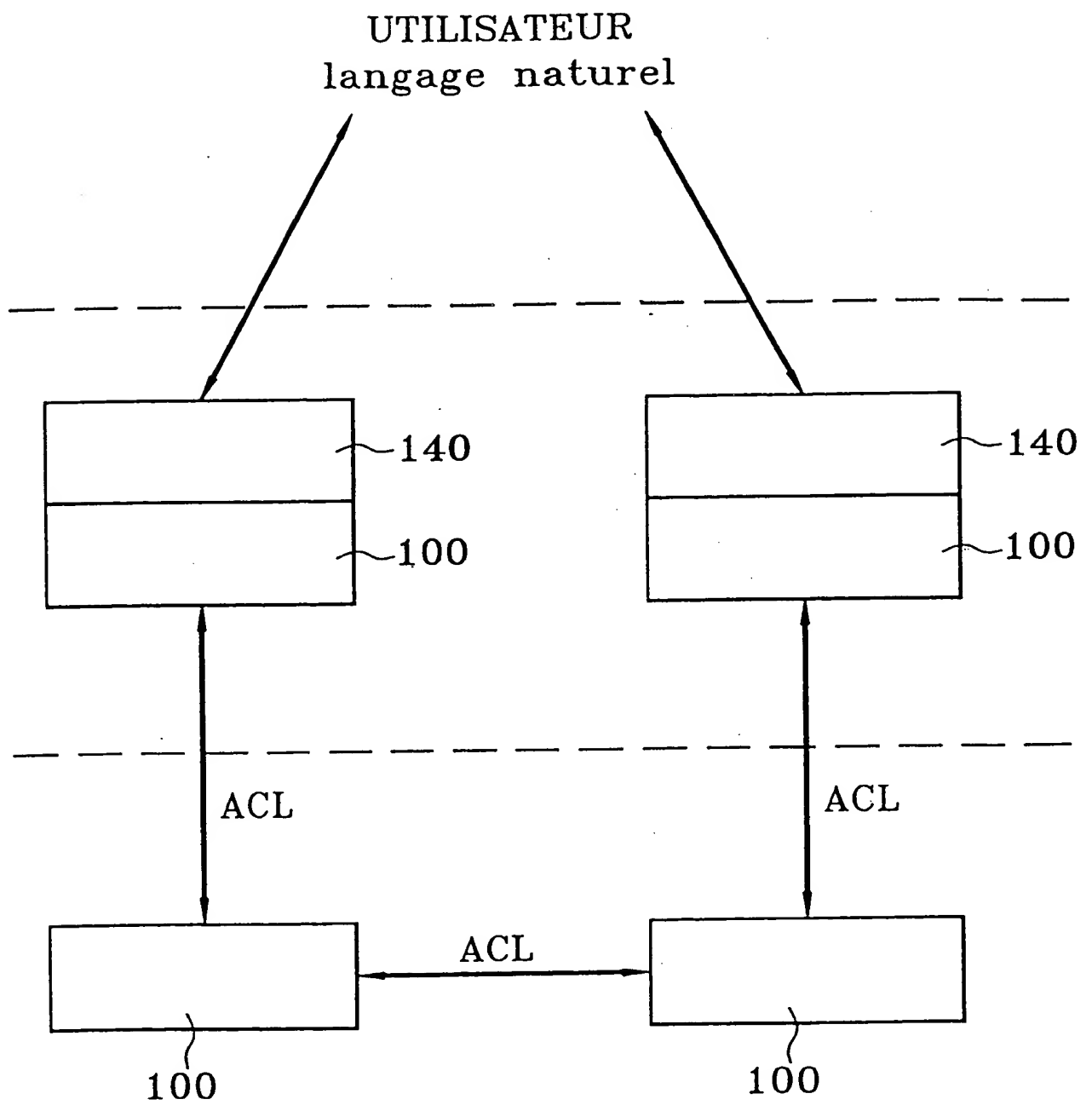


FIG. 4



**This Page Blank (uspto)**